

TECHNOLOGIE DES TRAITEMENTS THERMOCHIMIQUES DE DIFFUSION

Objectifs :

- **Rappel** des bases des traitements thermiques.
- **Comprendre** le rôle des différents traitements thermochimiques de diffusion et les modifications des caractéristiques physiques des aciers.
- **Explication** du diagramme fer/carbone, fer/azote.
- **Etre capable** de choisir un traitement en fonction des contraintes demandées.
- **Connaître** les défauts causes et remèdes.
- **Savoir** réaliser les contrôles et les interpréter.

Personnel concerné :

- BE, Techniciens méthodes et ateliers ,Maîtrise , Qualité

Durée :

2 jours soit 14 heures

Matériels pédagogiques :

Vidéo-projection
Document technique remis lors de la formation

Lieu : SAUMUR

Dans votre entreprise :
Théorie : par groupe de 8 pers Maxi
Pratique : par groupe de 4 pers Maxi

PRÉSENTATION DU PROGRAMME

Rappels de métallurgie

SYMBOLISATION – DÉSIGNATIONS DES ACIERS

- **Les types d'acier**
 - aciers au carbone
 - aciers alliés
 - aciers d'outillage
 - aciers inoxydables
 - fontes

- **Normalisation et symbolisation**

- Norme NF A 35 501
- EN 10025:1993
- EN 10088-1-2:1995

- *Comparaison de la symbolisation des aciers et des autres alliages : aciers inoxydables, alliages légers, cuivreux.*

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES ACIERS

- **Propriétés statiques**

- - Limite élastique
- - Allongement - striction
- - Charge de rupture
- - Diagramme de charge
- - Dureté
 - *Brinell*
 - *Rockwell*
 - *Vickers*

PROPRIÉTÉS DYNAMIQUES

- **Résistance à la fatigue**

- Tensions cycliques
- Courbes TN

- **Résistance au fluage**

- Définition du fluage
- Déformation à froid et à chaud

- **Résistance à l'usure et au frottement**

- Rôle de la dureté superficielle
- Dureté relative des milieux en frottement

- **Résistance à la corrosion**

- Corrosion généralisée
- Corrosions électro-chimiques
- Les grandes catégories de corrosion

STRUCTURE DES MÉTAUX

- **Rappels de chimie**
 - Atomes – molécules - ions
 - Poids atomique – densité

L'ÉTAT METALLIQUE

- **Les 3 états de la matière : gaz – liquides – solides**
- **L'état solide**
 - Désordonné : milieu amorphe ou vitreux
 - Ordonné : milieu cristallin
- **La structure cristalline des métaux**
 - Types de réseaux cristallins – notion de phase
 - Notion d'alliage
 - *En insertion*
 - *En substitution*
 - Notion de grain et de joint de grain
 - Diffusion inter et intra-cristalline
 - Mobilité des éléments d'alliage
 - L'écroissage
 - Explication simplifiée des dislocations

DIAGRAMMES D'ÉQUILIBRE

- **Solution solide - création des diagrammes d'équilibre**
 - Notion de solution solide
 - Courbes de liquidus et de solidus
 - Elaboration du diagramme d'équilibre d'un alliage binaire
 - *Eutectique – entectoïde*
 - *Péritectique*

DIAGRAMME D'EQUILIBRE FER - CARBONE

- **Les différentes structures cristallines du fer**

- cubique centré : Fer α (et Fer δ)
- cubique à faces centrées : Fer γ

– Répartition du carbone dans les aciers – diagramme Fer-Cémentite (métastable) et diagramme Fer-Graphite

- **Diagramme d'équilibre Fer – Carbone (Cas des aciers hypoeutectoides)**

- identification des phases
- points de transformation
- caractérisation de la ferrite, de la cémentite, de l'austénite

LES CHANGEMENTS DE PHASES A L'ETAT SOLIDE

- **Transformation au chauffage**

- Franchissement des points Ac1 et Ac3
- Austénitisation

- **Transformation au refroidissement**

- Décomposition de l'austénite
- Mesure de l'austénite résiduelle
 - Courbes TTT
 - Courbes TRC

LES PROCÉDÉS THERMOCHIMIQUES

DÉFINITION

- **Présentation**

- Principes des traitements thermochimiques
- Mécanismes généraux

- **Les traitements nécessitant un traitement thermique postérieur**

- Cémentation
- Carbonituration

- **Les traitements qui modifient seulement la composition chimique superficielle**
 - Nitruration
 - Nitrocarburation
 - Apports d'autres éléments

LA DIFFUSION

- **Lois de la diffusion**
 - Loi de Fick
 - Facteurs influençant les vitesses de diffusion
- **Application aux traitements thermochimiques**
 - Diffusion du carbone – décarburation
 - Diffusion de l'azote
 - Diffusion des éléments d'alliage

CÉMENTATION PAR LE CARBONE

- **Différentes cémentations**
 - Cémentation solide (en coffre)
 - Cémentation gazeuse : le plus courant
 - Cémentation liquide (en bain de sels)
 - Cémentation basse pression
- **Réactions chimiques de cémentation**
 - Décomposition des molécules carburantes
 - Combinaison avec le fer - formation de la cémentite
- **Les atmosphères de cémentation gazeuse**
 - Propane
 - Ethylène
 - Acétylène
 - Alcools

- **Paramètres influençant l'épaisseur de couche**
 - Potentiel carbone
 - Température
 - Temps de maintien

- **Structures et propriétés des couches**
 - Traitements thermiques après cémentation
 - *trempe*
 - *revenu*
 - Structure métallurgique obtenue
 - Propriétés superficielles : dureté, résistance à l'usure

- **Les aciers de cémentation**
 - Les aciers de construction
 - Les aciers à outils
 - Les aciers rapides

- **Contrôle des pièces cimentée**
 - Profondeur des couches de combinaison et de diffusion
 - Mesure de l'épaisseur standard de cémentation par filiation de dureté

CARBONITRURATION

- **Caractéristiques de mise en œuvre**
 - Rôle de l'azote
 - *Abaissement de la température de diffusion*
 - *Augmentation de la trempabilité*
 - *Réduction du temps de traitement*
 - *Utilisation d'aciers moins alliés*

 - Différentes carbonitrurations
 - *Gazeuse*
 - *Bain de sels - cyanuration*

 - Traitements thermiques des pièces carbonitrurées
 - *Trempe directe*
 - *Trempe différée*

 - Propriétés des couches
 - *Augmentation de la dureté superficielle*
 - *Dureté à cœur*
 - *Risques liés à l'austénite résiduelle ; tapures, criques*

- Contrôle des couches carbonitrurées
 - *Filiation de dureté*
 - *Coupe micrographique*

NITRURATION

- **Buts**

- Augmenter la résistance à l'usure
- Augmenter la résistance au grippage
- Augmenter la résistance à la fatigue

- **Mécanismes de la nitruration**

- Intervention de l'azote radicalaire
- Création de la couche de combinaison (couche blanche)
- Création de la couche de diffusion
- Formation préférentielle des couches ϵ et γ'

- **Les atmosphères de nitruration**

- Ammoniac
- Ammoniac – hydrocarbures

- **Les aciers de nitruration**

- Importance des éléments d'alliage dans la formation des nitrures
- Rôle de l'aluminium, du chrome, du molybdène, du vanadium et du manganèse

- **Les différentes nitrurations**

- Nitruration gazeuse
- Nitruration à basse pression
- Nitruration en bains de sels
- Nitruration ionique
- Nitrocarburation (nitruration ϵ)

- **Domaines d'application**

- Avantages de la déformation faible
- Pièces soumises à l'usure à chaud : matrices de forge, moules ...)
- Pièces soumises aux contraintes de fatigue : engrenages, moyeux ...
- Pièces à risque de grippage : pistons, vilebrequins ...

- **Contrôle des pièces nitrurées**
 - Profondeur des couches de combinaison et de diffusion
 - Localisation des zones nitrurées
 - Dureté superficielle

DIFFUSION D'AUTRES ÉLÉMENTS

- **Soufre**
 - Sulfonitrocarburation
 - Procédé Sulfinuz
 - Parachèvement oxydant
- **Bore**
 - Boruration
- **Silicium**
 - Siliciuration – application aux hautes performances chimiques
- **Chrome**
 - Chromisation – applications aéronautiques
- **Aluminium**
 - Aluminisation ou calorisation
 - Applications récentes
- **Zinc**
 - Shérardisation
 - Galvanisation